

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Obrábění automobilových kol z hliníkových slitin
Machining of Automotive Wheels from Aluminium Alloys

Student:

Josef Žanda

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Josef Žanda**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Obrábění automobilových kol z hliníkových slitin**
Machining of Automotive Wheels from Aluminium Alloys

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Analýza současného stavu výroby.
3. Návrh přehledu sortimentu používaných nástrojů.
4. Zhodnocení sortimentu jednotlivých výrobců.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

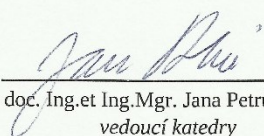
- [1] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábění, I. část – Obrávané materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [2] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábění*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] BRYCHTA, J. *Výrobní stroje obráběcí*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2003, 150 s. ISBN 80-248-0237-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry



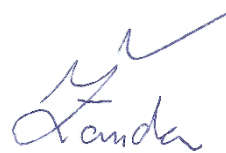

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

15.5.2017

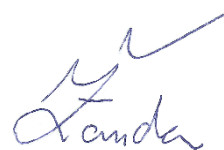
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kanda', with a stylized flourish above it.

podpis

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Josef Žanda

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bratrušovská 2632/13, Šumperk

Anotace bakalářské práce

ŽANDA, Josef. *Obrábění automobilových kol z hliníkových slitin*. Ostrava, 2017. 44 s. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí bakalářská práce: Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.

Stále se zpřísnující emisní normy nutí automobilový průmysl snižovat u svých vozů spotřebu paliva. Jednou z možností, jak toho dosáhnout, je snížení hmotnosti za použití lehkých materiálů jako jsou např. hliníkové slitiny na místo běžně používaných ocelí. A to při konstrukci a výrobě částí spalovacích motorů, pístů, brzdových třmenů, výztuh do dveří, nárazníků nebo kol. S jejich výrobou úzce souvisí finální zpracování obráběním. Pro bezproblémové obrábění součástí z hliníkových slitin je potřeba zvolit vhodné řezné parametry. K těm nejdůležitějším patří geometrie bříty nástroje, materiál, z kterého je nástroj vyroben a jeho povrchová úprava.

Annotation of bachelor thesis

ŽANDA, Josef. *Machining of Automotive Wheels from Aluminium Alloys*. Ostrava, 2017. 44 s. Bachelor thesis. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Supervisor of bachelor thesis: Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.

With constantly more stringent emission standards the automotive industry is forced to reduce fuel consumption of their cars. One possibility to reach this, is to reduce the weight by using lightweight materials, like aluminum alloys instead of commonly used steels. Especially in construction and the production of engines parts, pistons, brake calipers, door reinforcements, bumpers and wheels. With their production is closely related machining process. For unproblematic machining products which are made of aluminum alloys is necessary to choose optimal machining parameters. The most important parameters are geometry of cutting tool, the material of cutting tool and its surface finish.

Obsah

1	HLINÍK A JEHO SLITINY	10
1.1	Výroba hliníku	10
1.2	Slitiny hliníku.....	10
1.2.1	Slévárenské slitiny	11
1.2.2	Slitiny pro tváření	11
2	HLINÍKOVÁ KOLA.....	12
2.1	Výroba kol z hliníkových slitin.....	13
2.1.1	Lití kol.....	13
2.1.2	Tváření kol.....	13
3	PARAMETRY PRO OBRÁBĚNÍ HLINÍKOVÝCH SLITIN	15
3.1	Obrobitelnost hliníkových slitin.....	15
3.2	Materiál obráběcího nástroje.....	16
3.2.1	Slinuté karbidy	17
3.2.2	Polykrystalický diamant	18
3.3	Geometrie břitů nástroje.....	20
3.4	Utvařeče třísky	22
3.5	Povrchové úpravy – leštění, povlakování	24
3.5.1	Leštění.....	24
3.5.2	Povlakování	24
4	OBRÁBĚNÍ KOL Z HLINÍKOVÝCH SLITIN.....	26
4.1	Operace používané při obrábění kol z hliník	27
4.2	Návrh nástroje pro obrábění kol z hliníkových slitin.....	28
5	POROVNÁNÍ SORTIMENTU ZAPICHOVACÍCH VBD	30
5.1	CERATIZIT	30
5.2	ISCAR.....	31
5.3	TAEGUTEC.....	32

5.4	TOOL – FLO	32
5.5	SANDVIK COROMANT	33
5.6	KORLOY	34
5.7	PALBIT	34
5.8	TUNGALOY	35
5.9	KYOCERA	35
5.10	WIDIA	36
5.11	WALTER	36
6	NÁVRH NEJČETNĚJŠÍHO SORTIMENTU	37
	Závěr	38
	Seznam použité literatury	39
	Seznam příloh	44

Seznam použitých zkratek

CNC	Computer Numerical Control (počítačem řízené)	
CVD	Chemical Vapour Deposition (chemické napařování)	
HTHP	High Temperature High Pressure (za vysokých teplot a tlaků)	
MTCVD	Medium Temperature Chemical Vapour Deposition (chemické napařování za snížené teploty)	
PACVD	Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition (chemické napařování za pomoci plazmy)	
PKD	polykrystalický diamant	
PVD	Physical Vapour Deposition (fyzikální napařování)	
SK	slinutý karbid	
W	šířka břitu výměnné břitové destičky	[mm]
a	tloušťka odebírané vrstvy materiálu	[mm]
b	vzdálenost výstupní hrany žlábků utvařeče od ostří	[mm]
h	hloubka žlábků utvařeče	[mm]
l	délka výměnné břitové destičky	[mm]
x	šířka fazetky	[mm]
α	úhel hřbetu řezného nástroje	[°]
β	úhel břitu řezného nástroje	[°]
γ	úhel čela řezného nástroje	[°]

Úvod

Hliník a jeho slitiny jsou do určité míry nenahraditelnou součástí našeho každodenního života. Kvůli svým vlastnostem jsou používány v téměř každé odnoži průmyslu. Našly uplatnění nejen ve strojírenství, ale také v elektrotechnickém průmyslu, kde se díky své dobré vodivosti podílí na výrobě vodičů. V potravinářství se z hliníku ve velkém vyrábějí plechovky a obalové fólie. Dalšími významnými odběrateli jsou letecký a automobilový průmysl, který využívá hliníkové slitiny pro jejich nízkou hmotnost.

Právě v automobilovém průmyslu byl zaznamenán největší nárůst spotřeby hliníku, a to kvůli neustále se zpřísnujícím emisním normám. Výrobci automobilů jsou tak nuceni co nejvíce snížit spotřebu paliva. Jednou z možností, jak toho dosáhnout, je snížení hmotnosti za použití dílů z hliníkových slitin na místech, kde se dříve využívala ocel. Nejedná se pouze o písty, ale o celé bloky motorů, které jsou vyráběny litím z hliníkových slitin. Dále jsou to disky kol, výztuhy dveří a u nejnovějších modelů jsou z hliníkových slitin i karosérie.

S jejich výrobou úzce souvisí i opracování součástí z hliníkových slitin třískovým obráběním. To může být při zvolení nesprávných řezných podmínek problematické. Při obrábění hliníku a jeho slitin se tvoří dlouhá tříska, která se namotává na nástroj a vlivem nízké teploty tavení a vysokému sklonu k adhezi má tendenci se nalepovat na břit nebo čelo destičky a vytvářet tzv. nárůstky. Nárůstky negativně mění geometrii nástroje a při jejich odštípnutí dokonce vylamují nástrojový materiál. Vzniku nárůstku je možné zamezit použitím vhodné povrchové úpravy. Volí se většinou leštění nebo povlakování. Vhodným nástrojovým materiálem pro obrábění hliníku a jeho slitin jsou slinuté karbidy. Pro slévárenské slitiny, které obsahují větší množství abrazivního křemíku se doporučují nástroje z polykrystalického diamantu. Obecně pro obrábění měkkých materiálů, včetně hliníkových slitin se používá pozitivní geometrie nástroje s ostrým břitem.

1 HLINÍK A JEHO SLITINY

Hliník (lat. aluminium) je stříbřitě bílý a lesklý kov. Je třetím nejrozšířenějším prvkem hned po kyslíku a křemíku, a vůbec nejrozšířenějším kovem na Zemi. Čistý hliník se v přírodě nevyskytuje, pouze ve formě sloučenin, které tvoří 7,47 % zemské kůry. [1] Mezi přednosti hliníku patří malá hmotnost, skvělá tvárnost za tepla i za studena, výborná tepelná a elektrická vodivost, vysoká odolnost vůči korozi (při kontaktu se vzduchem si vytvoří na povrchu oxidovou vrstvu, která zabraňuje korozi i ve velmi nepříznivých podmínkách) a také skutečnost, že je stoprocentně recyklovatelný bez ztráty kvality. [2, 8]

Hliník má díky svým vlastnostem širokou škálu využití. Ve strojírenském průmyslu se z jeho slitin vyhotovují různé profily, odlitky a jiné konstrukční součástky. Ve stavebnictví ho je možné nalézt v profilech dveří a oken. Elektrotechnický průmysl využívá jeho vysoké vodivosti a používá jej na výrobu vodičů. Vysoký odběr hliníku je připisován i potravinářskému průmyslu, který dělá z hliníku plechovky a obalové fólie známé jako alobal. Hojně je hliníku využíváno také v dopravním průmyslu, a to zejména v leteckém a automobilovém, kde je zapotřebí materiálu o nízké hmotnosti. [9]

1.1 Výroba hliníku

Hlavní těžební surovinou pro výrobu hliníku je bauxit. Je to hornina obsahující 52 % oxidu hlinitého, z kterého se elektrolytickým rozkladem v roztaveném kryolitu získává hliník. Tato výroba je velice energeticky náročná. Při zpracování 4 tun bauxitu vzniknou až 3 tuny odpadu a pouze 1 tuna čistého hliníku. Zatím co recyklací jedné tuny hliníkového materiálu se ušetří až 95 % energie potřebné pro výrobu primárního hliníku. [1, 2, 8]

1.2 Slitiny hliníku

Slitiny hliníku můžeme zjednodušeně rozdělit na:

- Slévarenské slitiny (podeutektické/eutektické/nadeutektické)
- Slitiny pro tváření (vytvrditelné/ nevytvrditelné)

1.2.1 Slévárenské slitiny

Používají se k výrobě tvarově složitějších výrobků (odliteků) litím do formy. Mechanické hodnoty odliteků jsou výrazně ovlivněny způsobem lití, maximální pevnost většinou nepřesahuje hodnotu 250 MPa. Jejich hlavním přísadovým prvkem je křemík, který zvyšuje tvrdost, zlepšuje lící vlastnosti slitin, ale má neblahý vliv na obrobiteľnost. Mezi nejpoužívanější slévárenské slitiny hliníku patří slitiny Al-Si-Mg a Al-Si-Cu, ze kterých se tlakovým litím vyrábí až 95 % všech odliteků. [9, 11]

1.2.2 Slitiny pro tváření

Vytvrditelné slitiny mají schopnost být tepelně zpracovány za účelem zvýšení jejich pevnosti. Tímto způsobem je možné dosáhnout meze pevnosti až 530 MPa. Hlavním příměsovým prvkem je měď, která se výrazně podílí na zpevnění slitin. Nepříznivě však ovlivňuje korozní odolnost, která je v porovnání v čistém hliníkem špatná. Nejpoužívanějšími představiteli jsou slitiny na bázi Al-Cu-Mg. Využití našli zejména v leteckém a automobilovém průmyslu, kde se používají např. k výrobě pístů pro spalovací motory. [4, 12]

Nevytvrditelné slitiny jsou schopné dobře odolávat korozi i bez povrchových úprav. Mezi jejich další přednosti patří dobrá svařitelnost, tvárnost, lomová houževnatost a odolnost proti vibračnímu zatížení. Představiteli jsou slitiny soustav Al-Mg a Al-Mn. Pevnost těchto slitin je možné zvýšit deformačním zpevněním neboli tvářením za studena, a to z 200 MPa až na 420 MPa. Díky jejich korozní odolnosti je nasnadě využití v lodním průmyslu a v ostatních odvětvích, kde se setkáváme s agresivním prostředím. [4, 12]

2 HLINÍKOVÁ KOLA

Pořízení hliníkových kol je sice nákladnější, než je tomu u kol ocelových, za to ale nabízejí řadu výhod. První výhodou je zřejmá již při prvním pohledu a tou je design. Výrobci hliníkových kol nabízejí širokou škálu disků těch nejrůznějších tvarů a barev (viz obr. 2.1), které budeme u ocelových jen těžko hledat.



Obr.2.1 – Hliníkové disky [13]

Hlavní výhodou je však jejich hmotnost. Například plechový disk o rozměrech 7x16“ má hmotnost 10 kg, zatímco hliníkový disk o stejných rozměrech váží pouze 6,6 kg. Použitím hliníkových kol je tak možné znatelně snížit celkovou váhu automobilu. Tím se dosáhne lepší ovladatelnosti vozu. Dalším důsledkem nižší hmotnosti je snížení spotřeby paliva a tím pádem i množství emisí vypouštěných do ovzduší. Díky dobré tepelné vodivosti hliníkových slitin se při brždění lépe odvádí teplo, dochází tedy k ochlazení pneumatik i brzd, což má pozitivní vliv na jejich životnost. Alu kola mají také větší otvory mezi paprsky, a to umožňuje brzdám, aby byly chlazeny proudícím vzduchem. [4, 30, 31]

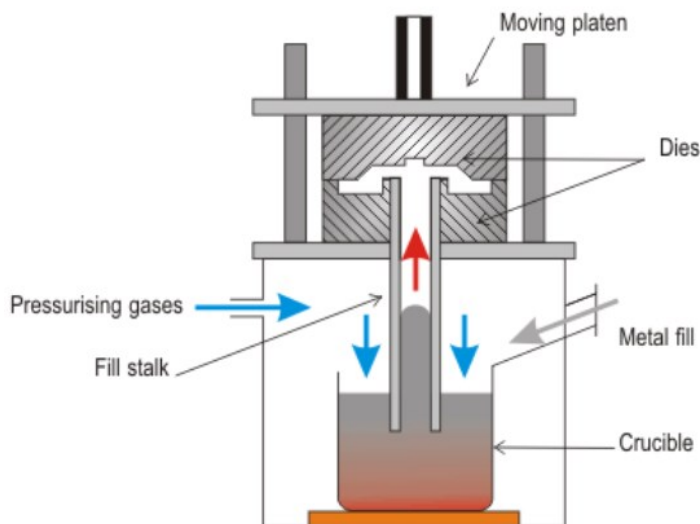
Na druhou stranu jsou oproti ocelovým kolům méně odolné vůči mechanickému poškození (např. při špatném najetí na obrubník) a disponují mnohem nižší tuhostí materiálu, proto je nutné velice citlivě dotahovat matice kol. Většina výrobců také nedoporučuje používání alu kol v zimních měsících, kdy vlivem soli a dalších nečistot dochází na povrchu kol k vylučování oxidu hlinitého, který vede ke ztrátě lesku. [14, 15]

2.1 Výroba kol z hliníkových slitin

Hliníková kola je možné vyrábět dvěma základními způsoby. Prvním z nich je kování, kde se v několika krocích, za pomoci vysokých tlaků a teplot, polotovary vtlačí do zápustek k dosažení požadovaného tvaru. Druhou variantu představuje lití taveniny do předpřipravené formy.

2.1.1 Lití kol

Nejčastější metodou výroby hliníkových kol je nízkotlaké lití. Hliník se nejprve roztaví spolu s dalšími přídavnými prvky. Poté je tavenina o teplotě 700 °C plněna pod tlakem z udržovací pece pomocí plnicí trubice do dutiny kovové formy. Plnění formy probíhá od shora dolů, stejně tak jako tuhnutí. Proces nízkotlakého lití je schematicky zobrazen na obr. 2.2 Tento způsob lití zamezuje vzniku uzlů, vměstků, pórů a následných trhlin v hotovém výrobku. Výsledkem je odlitek s jemnou a kompaktní strukturou. Pro lití je nejčastěji používána slitina AlSi7Mg. [16, 17]



Obr. 2.2 – Technologie nízkotlakého lití [16]

2.1.2 Tváření kol

Tato metoda je sice náročnější, a to jak technologicky, tak finančně, ale nabízí několik výhod. Mezi ně patří vyšší životnost, nosnost a celková odolnost, která je zvýšena kompresí materiálu. Kování vylučuje výskyt vzduchových pórů narušujících jednodlost struktury k čemuž může během licího procesu dojít. Polotovary jsou přibližně 600 mm vysoké válce o průměru 300 mm a tvoří základ budoucího disku (viz obr. 2.3). S využitím vysokého tlaku a teploty se polotovar stlačí do podoby „talíře“ s přibližně stejným průměrem, jaký má mít výsledný výrobek. Poté se vytlačí základní tvary disku a okraje

rátku. Opálí se přebytečné části a na konec, za výrazného zvýšení teploty jsou okraje disku tlakem roztahovány do požadovaných rozměrů. Při kování se používají bezkřemíkové slitiny hliníku. Díky absenci křemíku je možné výsledný výrobek naleštit do extrémního lesku. [13, 18]

Ať už jsou kola vyrobena litím do formy nebo tvářením, je potřeba je opracovat do finální podoby. To má na starost třískové obrábění na CNC strojích.



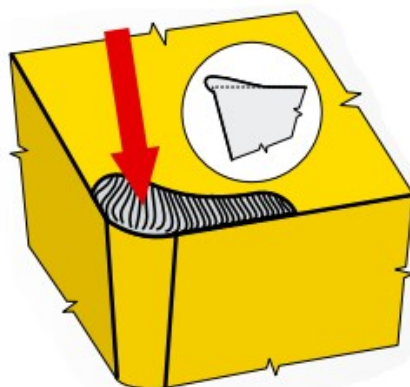
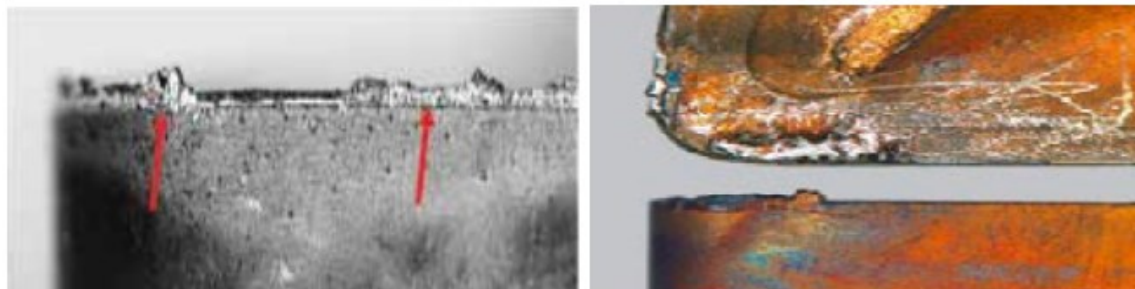
Obr. 2.3 – kované kolo po jednotlivých stupních kování [18]

3 PARAMETRY PRO OBRÁBĚNÍ HLINÍKOVÝCH SLITIN

3.1 Obrobitelnost hliníkových slitin

Hliník jako takový je považován za materiál, který lze obrábět velmi obtížně navzdory jeho nízkým mechanickým vlastnostem. Je to dáno jeho vysokou tepelnou vodivostí, díky níž je při obrábění značné množství tepla odváděno z místa řezu do obrobku a ten se vlivem vysoké tepelné roztažnosti hliníku deformuje. [10, 19]

Hliníkové slitiny jsou oproti čistému hliníku relativně dobře obrobitelné. Hlavním problémem, který nastává při obrábění hliníkových slitin, je tvorba nárůstku (obr. 3.1.). Tvoří se kvůli vysoké přilnavosti hliníku. Obráběný materiál se navařuje na břit, někdy i čelo nástroje a vytváří výstupek, jenž nepříznivě ovlivňuje geometrii břitu a zhoršuje kvalitu obrobeného povrchu. Při jeho odlomení může rovněž dojít k odtržení části základního materiálu destičky a k jejímu znehodnocení. Sklon k adhezi se zvyšuje s rostoucí zrnitostí nástrojového materiálu a drsností ostří. Výrazný vliv na obrábění hliníkových slitin mají přídavné prvky. Abrasivní prvky, jako například křemík, působí negativně na životnost nástroje. Prvky, které jsou neabrasivní a měkké, jsou pro obrábění prospěšné, protože zlepšují lámavost třísky. [10, 19, 23] Proto je nutné zvolit optimální pracovní podmínky, které zahrnují použití vhodného řezného materiálu, správné geometrie obráběcího nástroje, popřípadě jeho povrchové úpravy.



Obr. 3.1. – Nárůstek [38, 39]

3.2 Materiál obráběcího nástroje

Materiál výměnné břitové destičky rozhodujícím způsobem ovlivňuje produktivitu, výrobní náklady a kvalitu výroby. Musí odolávat intenzivnímu mechanickému a tepelnému namáhání, kterému je při obrábění vystaven. Základní podmínku, kterou musí nástrojový materiál splňovat je, že bude mít vyšší tvrdost než materiál obráběný, aby mohl řezný klín vniknout do obrobku a odřezávat třísku.

Materiály obráběcích nástrojů se zpravidla rozdělují na:

- nástrojové oceli (NO)
- slinuté karbidy (SK)
- řezná keramika (ŘK)
- cermety
- syntetické velmi tvrdé materiály
 - kubický nitrid boru (KBN)
 - polykrystalický diamant (PKD)

K obrábění hliníkových slitin se nejčastěji používají břitové destičky vyrobené ze slinutých karbidů, nebo polykrystalického diamantu, a to v závislosti na typu obráběné slitiny. Diamantem se obrábí slitiny hliníku, které obsahují větší množství křemíku. Díky jeho vysoké otěruvzdornosti je možné tyto slitiny obrábět efektivně. Vměstky křemíku totiž působí abrazivně, což má neblahý dopad na životnost nástrojů ze slinutých karbidů. [7]

Dle normy ISO 513: 2002 se řezné materiály dělí do 6 hlavních aplikačních skupin. Hlavní aplikační skupiny se dělí podle materiálů, který se jimi obrábí. Identifikačními znaky jsou písmena a barva. Hliníkové slitiny se obrábí nástroji, které spadají do skupiny N – ta je určená k obrábění materiálů z neželezných kovů, jejich slitin a nekovových materiálů.

3.2.1 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou materiály vyráběné práškovou metalurgií. Jejich strukturu tvoří karbidy vysocetavitelných kovů wolframu (WC), titanu (TiC) společně s kobaltem či niklem, který slouží jako pojící kov. Dalšími přísadami mohou být karbid tantalu (TaC), který se přidává kvůli jeho chemické netečnosti. [3, 5, 6]

Slinuté karbidy jsou podle jejich použití rozdělovány do třech skupin – K (jednokarbidové), P (dvojkarbidové), M (vícekarbidové). Ty jsou dále děleny číselně např. P15, M40, K20, kde číslo značí obsah pojícího kovu. Čím je číslo větší tím je větší i podíl pojidla. Materiál s vyšším číslem má vyšší pevnost v ohybu a houževnatost, avšak nižší tvrdost a otěruvzdornost.

Skupina K - WC + Co + (TaC.NbC) – červené značení

Do skupiny K se zařazují slinuté karbidy, kterými se obrábí materiály jako jsou nezelezné slitiny, nekovové materiály a litiny. Jedinou tvrdou strukturní složkou je v této skupině karbid wolframu. Ten s rostoucí tepelnou zátěží ztrácí svoji tvrdost, proto jsou tyto SK využívány tam, kde není čelo nástroje tepelně namáháno. [3, 7]

Skupina P - WC + TiC + Co + (TaC.NbC) – modré značení

Skupinou P se obrábí materiály, které tvoří dlouhou třísku. Mezi ně patří uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. Přidaný karbid titanu má vyšší odolnost proti teplotnímu namáhání než karbid wolframu, díky tomu zaručuje SK této skupiny vysokou odolnost proti difúzi za vysokých teplot. Nevýhodou TiC ve srovnání s WC je jeho vyšší křehkost a nižší odolnost vůči abrazi. [3, 7]

Skupina M - WC + TiC + TaC.NbC + Co – žluté značení

Skupina M má univerzální použití. Obrábí se jimi materiály tvořící dlouho nebo středně dlouhou třísku jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny. Pro jejich vysokou houževnatost se používají pro těžké hrubovací a přerušované řezy. [3, 7]

Slinuté karbidy je možné povlakovat karbidy, nitridy, oxidy a jejich kombinací. Vznikne tak tenká vrstva termochemicky stabilního povlaku, která má vysokou tvrdost a výbornou odolnost proti opotřebení. Povlakováním slinutých karbidů snížíme součinitel tření, díky čemuž nedochází k ulpívání třísek na čele nástroje a vzniku nárustku. Získáme tak vysoce kvalitní nástroj s prodlouženou životností, zajišťující vysoké rezné i posuvové rychlosti, vysoký úběr materiálu i možnost přerušovaných řezů. Tyto výhody jsou dány tím, že

povlak má o jeden nebo několik řádů jemnější zrnitost, neobsahuje žádné pojivo a obsahuje méně strukturních defektů. [5]

3.2.2 Polykrystalický diamant

Diamant je nejtvrdším minerálem na Zemi. Na Mohsově stupnici se diamant vyjímá na nejvyšším 10. stupni tvrdosti. Kromě tvrdosti se vyznačuje teplotou tavení $>4000\text{ }^{\circ}\text{C}$, vysokým indexem lomu, nízkou reaktivitou a nejlepší známou tepelnou vodivostí. [1, 6]

Rozlišujeme dva typy diamantů, a to podle jejich původu na přírodní a syntetický. Pro účely obrábění je výhodnější jak ekonomicky, tak technologicky použití synteticky vyrobeného polykrystalického diamantu. Ten je možné vyrábět dvěma způsoby.

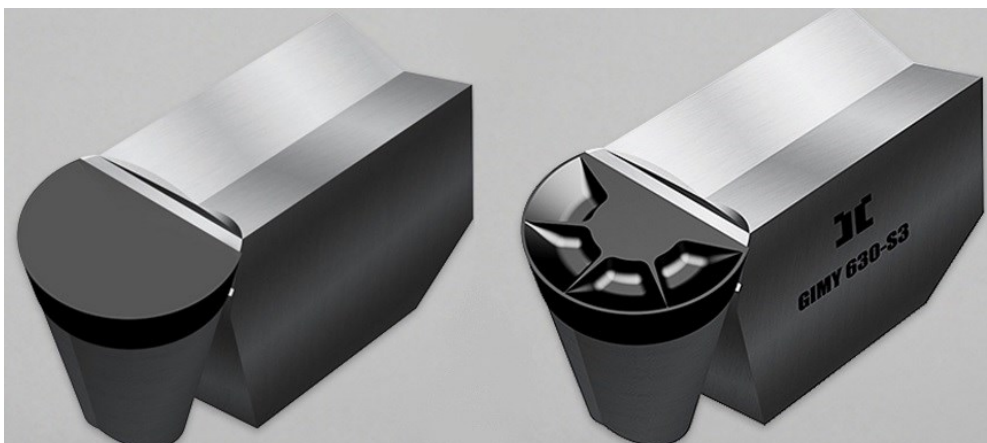
První způsob výroby se značí zkratkou HPHT (High Pressure High Temperature). Jde o výrobu, ve které je vstupním materiálem čistý grafit (čistota 99,9%). V lisech za velkého tlaku a vysoké teploty je přeměňována hexagonální mřížka grafitu na kubickou mřížku diamantu. Během přeměny mřížky vznikají velká vnitřní napětí, která se podílí na vysoké tvrdosti výstupního produktu. [6]

Druhým způsobem výroby je metoda CVD (Chemical Vapor Deposition). Výchozí surovinou pro výrobu diamantu touto metodou je směs metanu a vodíku zahřátá mikrovlnným zářením na velmi vysokou teplotu ($2000\text{ }^{\circ}\text{C}$). Látka při tom přechází do skupenství plazmy a z takto upravené směsi za nízkého tlaku poté na nosné vrstvě vytváří krystalickou strukturu diamantu. Diamant roste rychlostí $5\text{--}15\text{ }\mu\text{m.h}^{-1}$, tudíž během několika hodin dokáže nabít tloušťky lidského vlastu. [21, 22]

Diamant vyrobený metodou CVD rozlišujeme podle tloušťky na dva typy: [20]

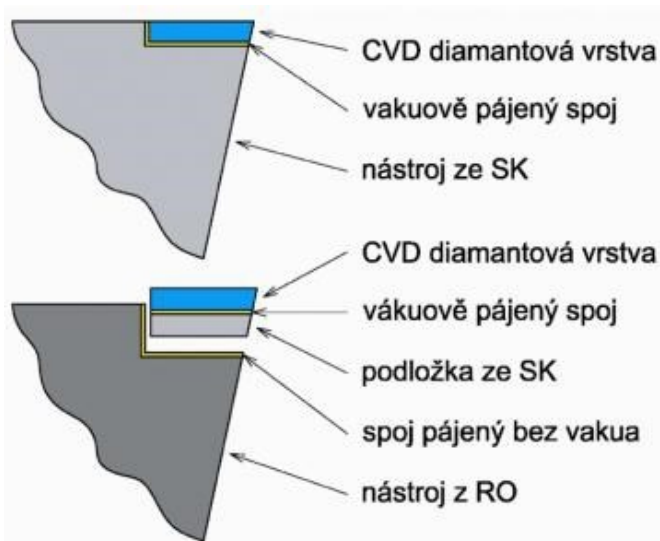
CVD diamantové povlaky – tloušťka pod 30 μm , jsou nanášeny přímo na naostřený nástroj – možnost povlakování složitých tvarů (včetně utvařeče)

CVD diamantové vrstvy – tloušťka až 0,5 mm (lze vyrobit i vrstvu o tloušťce až 1 mm), diamantová vrstva je rozřezána laserem na menší části, které jsou pak připájeny do předpřipraveného vybrání na nástroji



Obr. 3.2 – Vyměnitelné břitové destičky s CVD diamantovou vrstvou [37]

Vyměnitelné břitové destičky z PKD se většinou nevyrábějí ve formě kompaktního tělesa. Vyrábí se tak, že na základní substrát (z důvodu zajištění dobré přilnavosti většinou na slinutý karbid), je nanesen povlak nebo připájena vrstva polykrystalického diamantu. VBD s diamantovým povlakem mohou mít ve srovnání s nepovlakovanými destičkami 10krát – 50krát vyšší trvanlivost. [6, 24]



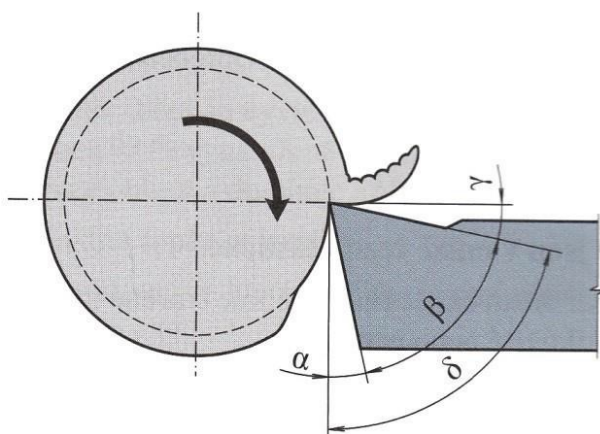
Obr. 3.3 – Způsoby připevnění CVD diamantové vrstvy k nástroji [20]

Výhodou povlakovaných destiček oproti těm s připájenou vrstvou (roubíkem) je nižší pořizovací cena a také vyšší životnost vzhledem k většímu počtu použitelných břitů. Polykrystalický diamant má nízkou teplotní stálost. Při teplotách převyšujících 800 °C se mění na grafit. Z tohoto důvodu nesmí být používán pro obrábění železných materiálů jako jsou oceli a litiny. Docházelo by totiž k nadměrnému ohřevu a v důsledku toho k silné difuzi mezi nástrojem a obrobkem. Vlivem chemických reakcí by došlo k velmi rychlému opotřebení na čele nástroje. [6, 7]

V obrábění neželezných materiálů diamant vyniká. Je možné jej použít na celou škálu materiálů např. hliníkové slitiny s velkým obsahem křemíku, které jsou kvůli vysoké abrazivnosti nevhodné pro obrábění jinými nástroji. Dalšími příklady mohou být bronz, mosaz, titan a jeho slitiny, grafit, keramika, tvrdé přírodní materiály jako jsou žula nebo mramor, plastické hmoty s abrazivními plnidly, gumy, i kompozity vyztužené skleněnými či uhlíkovými vlákny. [6, 7]

3.3 Geometrie břitu nástroje

Geometrie břitu řezného nástroje je jedním z faktorů, který má zásadní vliv na proces obrábění. Ovlivňuje celou řadu parametrů jako je trvanlivost břitu nástroje, tvorba třísky a její odvod z místa řezu, velikost a rozložení řezných sil, a v neposlední řadě kvalitu výsledné obrobeneé plochy. Pro obrábění hliníku a jeho slitin se obecně používají nástroje s ostrým břitem a pozitivní geometrií břitu. [25]



Obr. 3.4 – Geometrie břitu nástroje s jednotlivými úhly [26]

Úhel α – Velikost úhlu mezi hlavním hřbetem nástroje a tečnou k obráběné ploše je volena dle tvrdosti obráběného materiálu v rozmezí od 6-10°. Při obrábění hliníkových slitin je výrobcí nejčastěji používán úhel 7°. Nastavením držáku nože lze tento úhel zvětšit

až na 11° . Tento úhel ovlivňuje velikost tření hřbetu nástroje o obrobek a to tak, že čím větší je α , tím je nástroj méně otírán a zahříván. [26]

Úhel β – Je úhel břitu (úhel mezi hřbetem a čelem nástroje) jehož velikost se volí v intervalu 45° - 90° . Velikost úhlu má vliv na pronikání nože do materiálu. Při volbě menšího úhlu, dojde ke snížení řezných sil. Roste pronikavost nože do materiálu na úkor jeho pevnosti. Menší velikost úhlu se volí při obrábění měkkých materiálů. [26]

Úhel γ – Je úhel čela. Ovlivňuje odvod třísky z místa řezu a odpor obráběného materiálu vůči vnikajícímu noži. Čím je úhel větší, tím je tříska lépe odváděna, nůž se méně zahřívá, ale jeho pevnost klesá. Použití většího úhlu je vhodné hlavně při obrábění hliníku a jeho slitin. [26]

Ostří řezného nástroje

Ostří řezného nástroje je možné upravit podle požadavků kladených na obrábění konkrétního materiálu. Existují čtyři základní úpravy ostří, jsou vyobrazeny na obr. 3.5.

Ostrý břit

Ostrý břit se vyznačuje nulovým zaoblením řezné hrany. Úprava je vhodná zejména k obrábění měkkých materiálů, a to hlavně hliníku a jeho slitin. Díky této úpravě je odřezávaná vrstva minimálně deformovaná a omezuje se vznik nárůstku. [25]

Břit s fazetkou

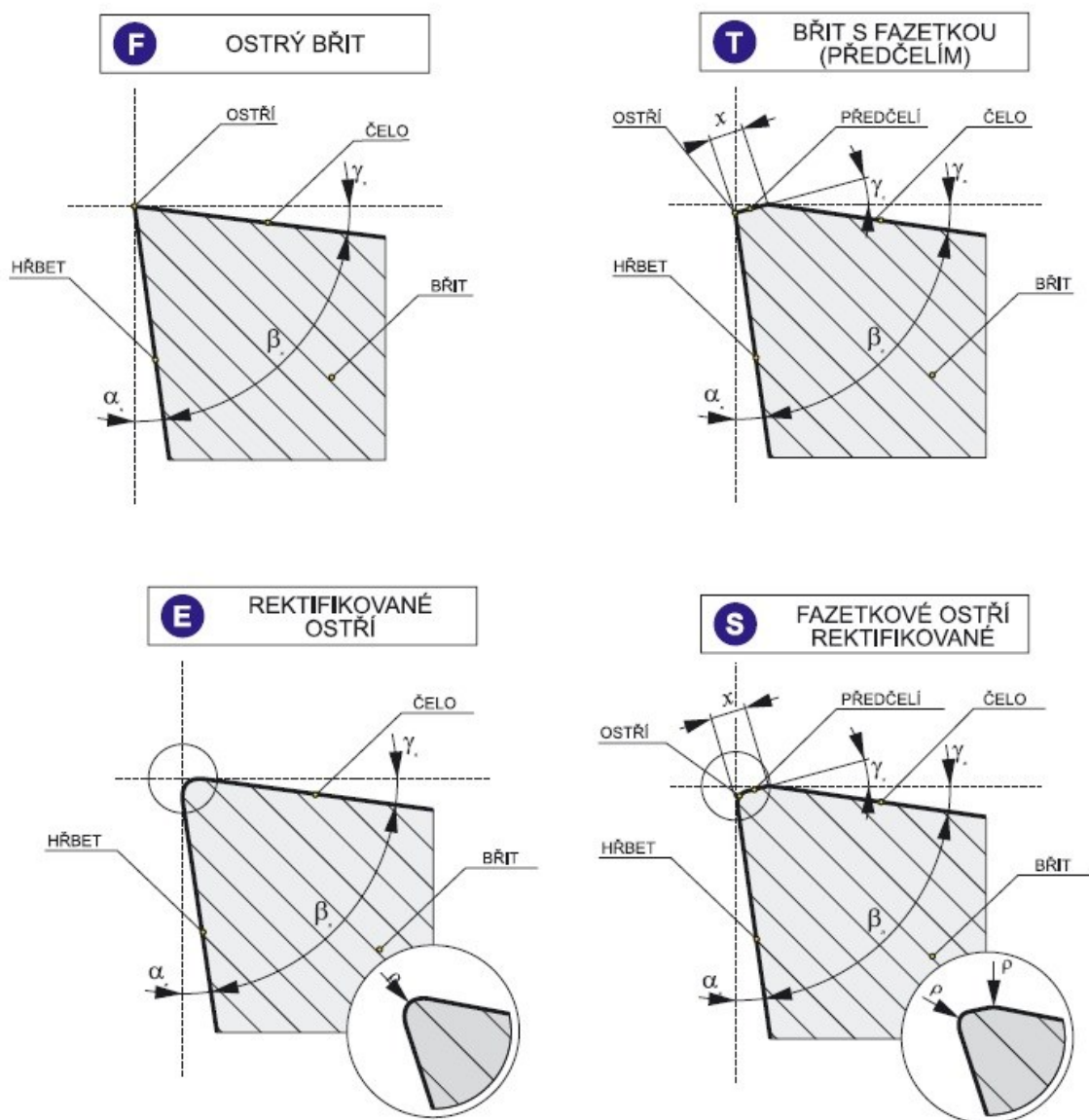
Tato úprava zvyšuje velikost úhlu břitu γ a tím je zvýšena jak jeho pevnost, tak i odolnost proti mechanickému zatížení. To znamená, že je nástroj méně náchylný ke křehkému porušení a vylomení břitu. [25]

Břit s rektifikovaným ostřím

Cílem této úpravy je snížení mikronerovností řezné hrany. Toho je dosaženo mírným zaoblením ostří. Dochází tak ke zvýšení odolnosti proti mechanickému porušení, jako je mikrovýdrolení nebo křehký lom. [25]

Rektifikovaný břit s fazetkou

Jedná se o kombinaci dvou výše uvedených úprav. Břit s fazetkou, na kterém bylo navíc provedeno zaoblení řezné hrany. Tento způsob provedení ostří se vyznačuje nejvyšší odolností vůči mechanickému porušení. [25]



Obr. 3.5 - Způsoby úprav řezné hrany [25]

3.4 Utvařeče třísky

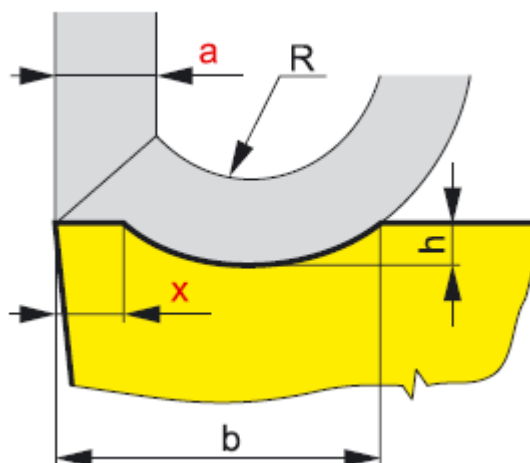
Zajištění bezproblémového odchodu třísky je dalším důležitým faktorem při procesu obrábění, zejména při obrábění v automatických centrech, kdy může dlouhá kupící se tříska působit problémy při namotávání na nástroj a tím komplikovat plynulost celé operace a negativně ovlivňovat kvalitu obrobenej součásti. Dalším problémem při tvoření dlouhé třísky je tepelné namáhání čela nástroje, a zvýšená pravděpodobnost vzniku nárůstku. Tomu se dá předejít použitím utvařeče třísky.

Na trhu je nesčetné množství možností provedení utvařečů a jejich geometrií, každá firma vyrábějící VBD se pyšní vlastními utvařeči. Geometrie závisí na vlastnostech obráběného materiálu, způsobu a technologických podmínkách obrábění. Na obr. 3.6 jsou VBD s různými druhy utvařečů od firmy ICAR.



Obr. 3.6 – VBD s utvařeči firmy ICAR [27]

Podmínka pro správné fungování utvařeče je ta, aby byla tloušťka odebírané vrstvy a větší, než šířka stabilizační fazetky x . Maximální posuv, při kterém končí správná funkce utvařeče závisí na vzdálenosti výstupní hrany žlábků od ostří b a na hloubce žlábků h . Správné fungování utvařeče je možné vidět na obr. 3.7. [25]



Obr. 3.7 – Schématické fungování utvařeče [25]

3.5 Povrchové úpravy – leštění, povlakování

3.5.1 Leštění

Leštění je často používaná povrchová úprava nástrojů pro obrábění neželezných kovů jako je i hliník a jeho slitiny. Tato úprava se provádí proto, aby se vybrousily veškeré nerovnosti na břitů a čele řezného nástroje a snížila se tak drsnost na co nejnižší hodnotu. Sníží se tím i součinitel tření, tudíž oddělovaná tříska lépe klouže po nástroji a nedochází tak k jejímu nalepování na čelo ani břit destičky. Tím se zamezuje tvorbě nežádoucího nárůstku. K leštění se používají diamantové pasty s optimalizovanou skladbou diamantových zrn, které se ředí olejem. Po leštění se břitové destičky pro obrábění hliníkových slitin ještě obvodově brousí, a to kvůli dosažení co nejostřejšího břitu. [19, 29]

3.5.2 Povlakování

Povlakování je proces, při kterém je na nástroj nanесena tenká vrstva odolného materiálu. Vznikne tak vrstva termochemicky stabilního povlaku, která má vysokou tvrdost a výbornou odolnost proti opotřebení. Některé povlaky snižují součinitel tření. Nedochází tak k adhezi třísek na čele nástroje a tím pádem ani ke vzniku nárůstků. Zajišťuje tak nástroji delší životnost. Povlak disponuje těmito vlastnostmi díky jemnější struktuře, která neobsahuje defekty a žádné pojivo. Povlaky je možné aplikovat několika různými metodami, CVD, PACVD, MTCVD. Avšak pro nástroje určené k obrábění hliníkových slitin se nejčastěji používá metoda PVD, a to díky její schopnosti povlakovat ostré hrany. [5, 24]

Povlakování metodou PVD (Physical Vapour Deposition)

Metoda fyzikálního napařování je prováděna ve středním až vysokém vakuu (tlak pod 1 Pa) a při relativně nízkých teplotách v rozmezí 350-600 °C, nedochází tak k tepelnému ovlivnění povlakovaného nástroje. Právě proto bylo její původní využití povlakování nástrojů z rychlořezné oceli. V současné době je používána pro výrobu povlaku na destičkách ze SK. Metodu PVD je možné aplikovat třemi způsoby nanášení materiálu. [7, 24]

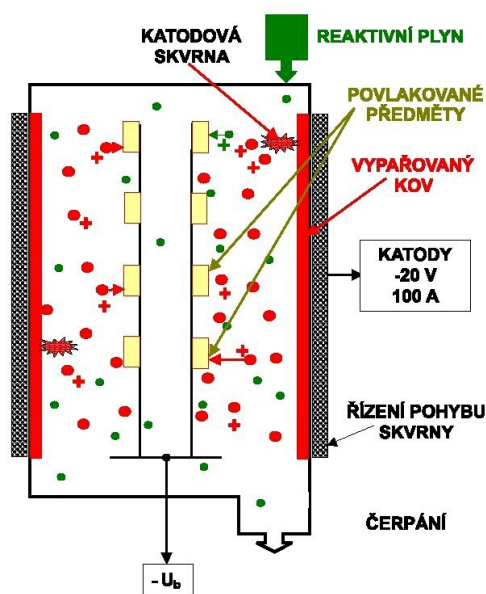
Napařování

Při napařování (obr. 3.8) je čistý kov, nejčastěji titan, odpařován za použití elektrického oblouku, svazku elektronů nebo odporovým ohřevem. Emitované atomární částice reagují s atmosférou komory, která je tvořena dvěma plyny, inertním (Ar) a reaktivním

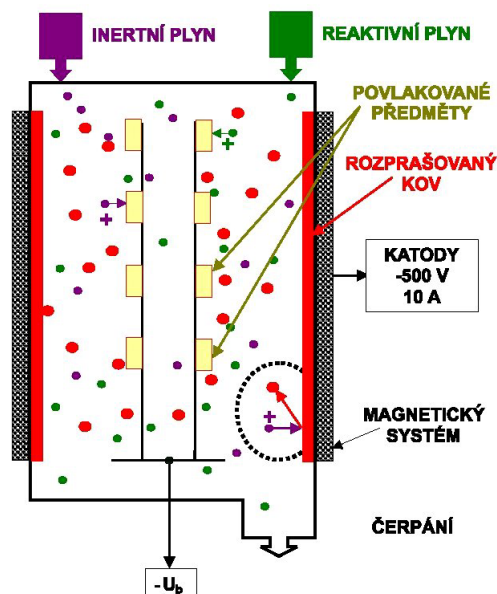
(H₂). Částice získají tepelnou energii, s níž dopadají na povrch povlakovaného předmětu a vytvářejí tenký homogenní povlak, který vyniká výbornou přilnavostí.

Naprašování

Při naprašování (obr. 3.9) vlivem elektrického výboje v plynné atmosféře komory vznikají kationty. Kladně nabité ionty jsou přitahovány katodou z čistého kovu, na které je připojen záporný pól elektrického napětí. Z katody jsou tak díky vysoké kinetické energii iontů uvolňovány částice potřebného chemického složení. Ty se následně usazují na povrchu substrátu, kde vytvářejí povlak.



Obr.3.8 – Princip naprašování [7]



Obr. 3.9 – Princip naprašování [7]

Iontová implementace

Tento způsob nanášení povlaku je kombinací dvou výše uvedených metod. Uvnitř komory je vytvořeno mezi povlakovaným předmětem a odpařovačem silné elektrické pole. V plynné atmosféře tak dochází k elektrickému výboji, výboj ionizuje částice plynu i odpařené částice čistého kovu a jejich reakcí vzniká na povrchu substrátu povlak.

Výhoda PVD metod spočívá v možnosti povlakování ostrých hran s poloměrem zaoblení menším než 20 µm. Díky nízkým pracovním teplotám nedochází ke zhoršení vlastností povlakovaného substrátu. Nevýhodou je nutnost pohybu povlakovaných součástí a to kvůli tzv. stínovému efektu. To znamená že na plochách, které neleží ve směru pohybu odpařovaných částic se vytváří nedokonalý povlak, nebo se nevytváří vůbec. Za další nevýhodu se považuje složitost vakuového systému, který je pro provedení těchto metod nezbytný. [7]

4 OBRÁBĚNÍ KOL Z HLINÍKOVÝCH SLITIN

Kola zhotovená z hliníkových slitin se obrábí na automatických obráběcích centrech jako jsou např. modely firmy Goodway GA-2800 / W18 a GA-3600/W24 (viz obr. 4.1). Tyto centra jsou vybavena nejnovějšími technologiemi a komponenty, které kombinují robustní konstrukci, přizpůsobitelné integrované rozhraní pro sklíčidla a efektivní odvádění třísek. Stroje disponují extrémně silnými vřeteny, které poskytují 2,5 – 4krát vyšší točivý moment oproti standardním vřetenům. Rychlou akceleraci, zpomalení a silný tah zajišťují mimořádně velké servomotory. Vřetenům k dosažení takto vysokých výkonů dopomáhají těžká válečková ložiska. Tříska je z pracovního prostoru odstraňována širokoúhlým dopravníkem. Další výhodou těchto strojů je i tzv. funkce „load/unload“, díky níž se u těchto modelů mohou rychleji měnit vačková ramena, a tím se zkrátí doba prostojů mezi jednotlivými operacemi. [34]



Obr. 4.1 – Obráběcí centrum GA-3600/W24 [34]

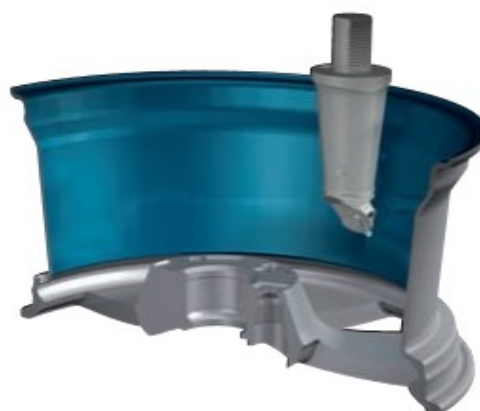
Pro hliníkové slitiny je doporučeno obrábět vysokou řeznou rychlostí a nízkými posuvy. Řezná rychlost závisí na materiálu obráběcího nástroje. Například společnost ISCAR pro své nástroje ze slinutého karbidu, které nejsou povlakované, doporučuje řeznou rychlost 174–967 m/min v závislosti na druhu obráběné hliníkové slitiny (pro tvářené slitiny 334–967 m/min a pro lité slitiny 174–517 m/min). Pro nástroje osazené polykrystalickým diamantem společnost udává rychlost 400–2500 m/min pro tvářené slitiny, a pro lité slitiny, u kterých obsah křemíku převyšuje 12 % je doporučená řezná rychlost 300–1500 m/min. [35]

Co se týče chlazení, obrábění nástroji z polykrystalického diamantu si neklade žádné zvláštní požadavky na druh řezné kapaliny. Jedinou podmínkou je přívod kapaliny do místa řezu pod vysokým tlakem. A to proto, že nástroje z PKD většinou pracují za vysokých řezných rychlostí a tlak kapaliny usnadňuje odvod třísky. Při obrábění destičkami ze slinutého karbidu je doporučováno použití řezné kapaliny na bázi minerálního oleje, bez boru a aminů. [6, 36]

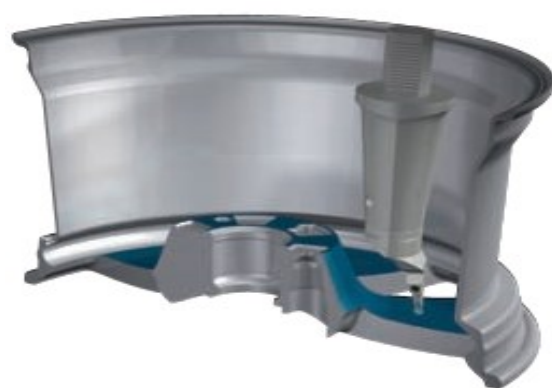
4.1 Operace používané při obrábění kol z hliník



*Obr.4.1 - 1. operace – External machining
(vnější soustružení) [28]*



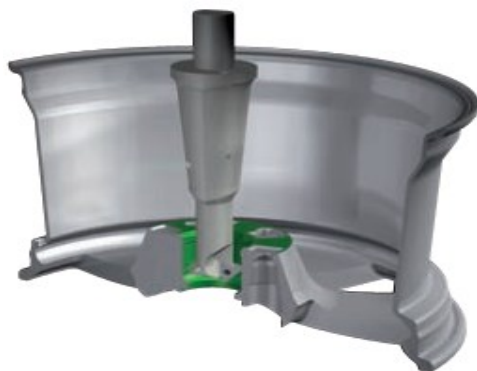
*Obr.4.2 – 2. operace – Internal
machining (vnitřní soustružení) [28]*



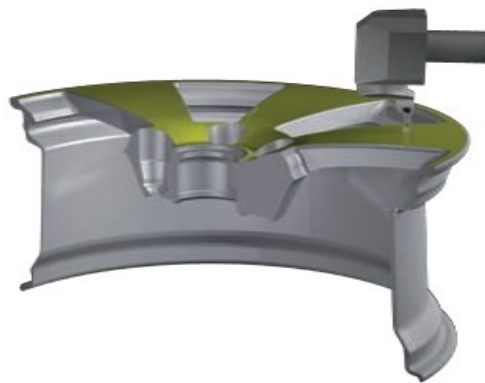
*Obr.4.3 – 3. operace – Internal
machining of contact face (čelní
soustružení) [28]*



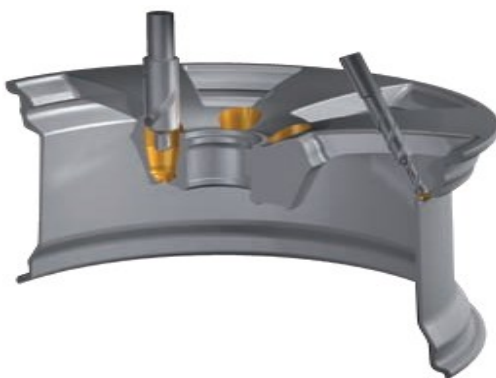
*Obr.4.4 – 4. operace – Undercut
(podpichování) [28]*



Obr.4.5 – 5. operace – Hub machining (vystružování) [28]



Obr.4.6 – 6. operace – Mirror machining (kopírování) [28]



Obr.4.7– 7. operace – Drilling (vrtání) [28]

4.2 Návrh nástroje pro obrábění kol z hliníkových slitin

Pro hliníkové slitiny určené k tváření a pro slévárenské slitiny s nízkým obsahem křemíku (do 6 %) je ideální nástroj s ostrým břitem. Nejčastěji se používá úhel hřbetu (α) 7° nebo 10° , úhel čela (γ) se volí v rozmezí 15° - 25° . Velký úhel čela a hřbetu má za následek snížení řezných sil. Pozitivní úhel čela také pomáhá lépe odvádět třísku z místa řezu. Čelo nástroje by mělo být opatřeno utvářečem třísek, který by zamezil tvorbě nežádoucí dlouhé třísky. Vhodným obráběcím materiálem je slinutý karbid typ K30. [33] Často používanou povrchovou úpravou je leštění. Leštěním je možné dosáhnout nízké drsnosti ostří, sníží se součinitel tření a zabráňuje se tak vzniku nárůstku. Dalším řešením jsou povlaky nanášené metodou PVD, které se vyznačují nízkým koeficientem tření a jsou schopné pokrýt i ostré hrany. [32]

Pro slévárenské slitiny s obsahem křemíku nad 6 % je geometrie stejná, jako v předchozím případě. Rozdíl je v materiálu nástroje. Křemík působí abrazivně, čímž snižuje životnost destičky. Proto je potřeba použít tvrdší slinutý karbid s nižším obsahem pojiva např. K01 nebo K10, ideálně v kombinaci s otěruvzdorným povlakem. Druhou variantou je použití CVD diamantových povlaků (povlak je nanesen na naostřený nástroj, včetně utvářeče), nebo častěji CVD diamantových vrstev. Vrstvy mají tloušťku až 1 mm a jsou ve formě roubíků připájeny do předpřipraveného vybrání na nástroji ze slinutého karbidu.

5 POROVNÁNÍ SORTIMENTU ZAPICHOVACÍCH VBD

5.1 CERATIZIT

Tab. 5.1. – Sortiment zapichovacích VBD spoločnosti CERATIZIT [28]

	Série	Šířka břítu (mm)	Délka (mm)	$\alpha (^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
  -27P -27P	GX16	2,00 3,00 4,00 5,00 6,00	16,00	6	H216T	SK	-
  -25PF -35PF	GX24	6,00 8,00	25,30	6	H216T CTD4110	SK PCD	-
  -27PF -M4	GX24	6,00 8,00	25,30	6	H216T CTD4110	SK PCD	-
  -M41 -23PF	X32V	-	32,00	7	IC20 CTP4115	SK SK	- TiAlN
  -M41 -27P	X32	6,00 8,00	32,00	10	H216T CTD4110 CTP4115	SK PCD SK	- - TiAlN

Společnost je předním výrobcem destiček určených pro obrábění hliníkových kol. Více než 50 % všech vyrobených hliníkových kol je obráběno právě nástroji CERATIZIT. Mají pro to přizpůsobeno hned několik nástrojových materiálů. Prvním z nich je nepovlakovaný slinutý karbid H216T. Obsahuje 6 % pojícího kobaltu, a zbytek tvoří karbid wolframu s velikostí zrna 1 μm . Dalším je slinutý karbid s označením CTP4115, který má téměř totožnou skladbu s H216T. Rozdíl je ve velikosti zrna, které má velikost 0,8 μm , a také v povrchové úpravě. CTP4115 je opatřen PVD povlakem na bázi TiAlN, který mu zajišťuje větší tvrdost. Pro abrazivní hliníkové slitiny jsou pod značením CTD4110 doporučovány nástroje s pájeným roubíkem z PKD s širokou nabídkou utvařečů viz. obr.5.1. Úhel hřbetu destiček je používán ve dvou velikostech a to 6° a 10°. Pro obrábění hliníkových kol CERATIZIT nabízí chlazení systémem MAC, jenž využívá stlačený studený vzduch což podstatně snižuje tendenci k adhezi. Třísky navíc nejsou smíšené s chladicí kapalinou a je možné je hned recyklovat.



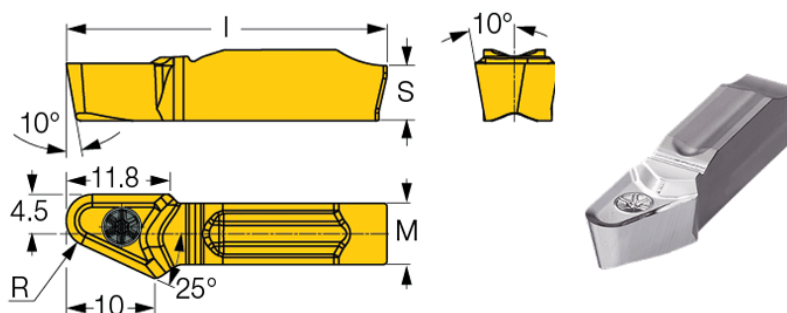
Obr.5.1. – Utvařeče v roubíku z PKD spoločnosti CERATIZIT [28]

5.2 ISCAR

Tab. 5.2. – Sortiment zapichovacích VBD společnosti ISCAR [27]

	Série	Šířka bříty (mm)	Délka (mm)	α (°)	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	FGPA	6,00 8,00	24,60 29,80	10	IC20 ID5	SK PCD	Leštění
	FSPA	6,00 8,00	25,00 29,70	9 10	IC20 ID5	SK PCD	Leštění
	GIDA	8,00	30,00	7 10	IC20 ID5	SK PCD	Leštění
	GIPA	3,00 4,00 5,00 6,00	-	7	IC20 ID5	SK PCD	Leštění
	GIPA (V)	-	30,00	7	IC20 ID5	SK PCD	Leštění

Společnost ISCAR nabízí široký sortiment destiček speciálně upravených k obrábění hliníkových kol. K jejich výrobě používá dva substráty s označením IC20 a ID5. IC20 představuje téměř univerzální nepovlakovaný slinutý karbid, kterým je možné obrábět jak hliníkové slitiny, tak nerezovou ocel i litiny. Nástroje z něho vyráběné mají leštěný povrch, pro minimalizaci tvorby nárůstků. Druhou variantou jsou nástroje ze slinutého karbidu s pájeným roubíkem z polykrystalického diamantu označované jako ID5. Jsou doporučovány k obrábění hliníkových slitin, ve kterých je podíl křemíku větší než 12 %. Úhel hřbetu u těchto destiček nabývá hodnoty 7° nebo 10°, výjimečně 9°. ISCAR také vyrábí destičku používanou pro vnější i vnitřní obrábění kol s unikátní geometrií (obr. 5.2.), kterou není možné nalézt u žádného jiného výrobce. Destičku je vyrábí pouze v jednom rozměru.



Obr.5.2. – Zapichovací VBD firmy ISCAR se speciální geometrií [27]

5.3 TAEGUTEC



Tab. 5.3. – Sortiment zapichovacích VBD spoločnosti TAEGUTEC [41]

	Série	Šírka bříty (mm)	Délka (mm)	$\alpha (^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	TDA TSA	3,00 4,00 6,00 8,00	20,00 25,00 30,00	7 10	K10 KP300	SK PCD	Leštění
	TDT-RU	2,00 3,00 4,00 6,00 8,00	20,00 25,00 30,00	7	K10	SK	-
	TDT	3,00 4,00 5,00 6,00	20,00 25,00	7	K10	SK	-

Pro obrábění hliníkových kol jsou v této společnosti vyráběny destičky ze dvou materiálů označovaných K10 a KP300. K10 je značení pro nepovlakovaný slinutý karbid určený vyjma hliníkových slitin také k obrábění žáruvzdorných slitin a litin. Série destiček s označením TDA je leštěna, k zamezení vzniku nárustků. KP300 jsou nástroje osazené polykrystalickým diamantem. Nejpoužívanější úhel hřbetu pro tyto nástroje je 7° a 10°.

5.4 TOOL – FLO

Tab. 5.4. – Sortiment zapichovacích VBD spoločnosti TOOL-FLO [42]

	Série	Šírka bříty (mm)	Délka (mm)	$\alpha (^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	DBV	8,00	29,97	7	CP2 ALS2	SK	Leštění TiB2

Pro obrábění hliníkových kol firma TOOL-FLO vyrábí pouze jednu zapichovací destičku. Destičku nabízejí v jednom rozměru se dvěma rozdílnými utvařeči a je možné si vybrat ze dvou materiálů. C2P značí nepovlakovaný slinutý karbid, u kterého byla provedena povrchová úprava leštěním. Dalším materiálem je slinutý karbid s PVD povlakem TiB₂, který je hned po diamantovém povlaku nejtvrďší na trhu. TiB₂ povlak se taktéž vyznačuje nízkým koeficientem tření, tudíž nedochází k ulpívání hliníku na nástroji a tvorbě nárustku. Velikost úhlu hřbetu ve svém katalogu neuvádějí.

5.5 SANDVIK COROMANT






Tab. 5.1. – Sortiment zapichovacích VBD společnosti SANDVIK COROMANT [43]

	Série	Šířka bříty (mm)	Délka (mm)	α (°)	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	N123-AM	6,00 8,00	22,20 27,30	7	H10	SK	-
	N123-RM	3,00 3,18 4,00 4,75 5,00 6,00 6,35 8,00	18,10 18,60 22,00 22,20 22,70 22,90 23,10 27,00	7	H13A	SK	-
	N123-RM	4,00 6,00 8,00	-	7	H13A	SK	-
	N123-RO	2,00 3,00 3,18 3,96 4,00 4,50 4,75 5,00 6,00 6,35 8,00	18,60 18,70 19,20 22,00 22,20 22,80 22,90 23,00 23,30 27,30	7	H13A	SK	-

SANDVIC COROMANT používá pro výrobu destiček dva substráty, H10 a H13A. Oba jsou to slinuté karbidy bez povrchových úprav, H10 se vyznačuje vysokou odolností proti abrazivnímu opotřebení a možností utvářet ostré hrany, speciálně upravený pro obrábění hliníkových kol. H13A má dobrou tvrdost v kombinaci s ucházející houževnatostí. Všechny tyto nástroje jsou vyráběny s úhlem hřbetu 7°. Zapichovací VDB destičky z polykrystalického diamantu společnost nenabízí.

5.6 KORLOY



Tab. 5.6. – Sortiment zapichovacích VBD společnosti KORLOY [40]

	Série	Šířka bříty (mm)	Délka (mm)	$\alpha (^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	MRGN-A	6,00 8,00	26,00 30,00	12	DP150 G10	PCD SK	-
	MRGN-A5	6,00 8,00	26,00 30,00	12	DP150 G10	PCD SK	-
	MRGN-AP	6,00 8,00	26,00 30,00	12	DP150	PCD	-
	MVGN-A	-	30,00		DP150	PCD	-

Firma nabízí destičky pro obrábění hliníkových kol ve dvou materiálových provedeních. Prvním je slinutý karbid bez povlaku s označením G10. Druhou variantou je DP150, což je nástroj s připájeným diamantovým roubíkem. Roubík z polykrystalického diamantu má velikost zrna 5 μm . KORLOY používá u těchto destiček úhel hřbetu 12°.

5.7 PALBIT

Tab. 5.7. – Sortiment zapichovacích VBD společnosti PALBIT [44]



	Série	Šířka bříty (mm)	Délka (mm)	$\alpha (^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	GPO	6,00	25,40	11	PH0910	SK	-

Nabídka zapichovacích výměnných břitových destiček PALBITU pro obrábění alu kol zahrnuje jednu destičku o jednom rozměru. Materiálem je slinutý karbid bez povlaku a jiných

povrchových úprav. Kombinuje výbornou odolnost proti abrazi a slušnou houževnatost. Označení materiálu je PH0910. Úhel čela je u této destičky 11°.

5.8 TUNGALOY



Tab. 5.8. – Sortiment zapichovacích VBD společnosti TUNGALOY [45]

	Série	Šířka bříty (mm)	Délka (mm)	$\alpha (^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	DTA	6,00 8,00	25,00 30,00	7 10	TH10	SK	-

K obrábění hliníkových kol má TUNGALOY v nabídce jednu zapichovací destičku, kterou vyrábí ve dvou rozměrech. Úhel hřbetu první destičky je 7°, u druhé, širší je úhel 10°. Materiálem nástroje je nepovlakovaný slinutý karbid s označením TH10.

5.9 KYOCERA


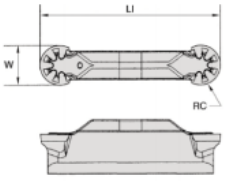
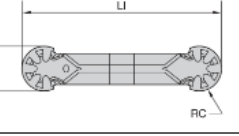
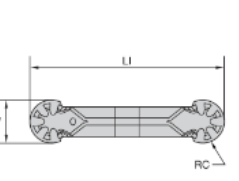
Tab. 5.9. – Sortiment zapichovacích VBD společnosti KYOCERA [46]

	Série	Šířka bříty (mm)	Délka (mm)	$\alpha (^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	GMGW	6,00 8,00	30,00		KPD001	PCD	

Nabídka KYOCERY pro obrábění hliníkových kol činí dvě destičky osazené polykrystalickým diamantem s označením KPD001. KPD001 se vyznačuje extrémně jemnou strukturou, kdy velikost zrna nepřevyšuje 0,5 μm . Jde o nejjemnější zrnitost polykrystalického diamantu, které bylo ve světě dosaženo. KYOCERA úhly hřbetu u těchto nástrojů neuvádí.

5.10 WIDIA



Tab. 5.10. – Sortiment zapichovacích VBD společnosti WIDIA [47]

	Série	Šířka bříty (mm)	Délka (mm)	$\alpha(^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	WMT-PC	3,00	25,40		TN6016	SK	PVD
		4,00	25,45				
		5,00	28,65				
		6,00	28,88				
		8,00	29,08				
	WMTR-UPC	3,05	25,53		WU10PT WU25PT	SK	PVD
		4,05	25,58				
		5,05	28,77				
		6,05	29,01				
		8,05	29,22				
	WMTR-PPC	3,00	25,40		WU10PT WU25PT	SK	PVD
		4,00	25,45				
		4,78	25,45				
		5,00	28,65				
		6,00	28,88				
		6,36	29,00				
		7,94	29,01				
		8,00	29,08				

Společnost poskytuje zapichovací VBD určené k obrábění kol z hliníkových slitin ve třech materiálových provedeních. WU10PT je karbidový substrát potažený vrstvou TiAlN, která je nanášena metodou PVD. Je vhodný pro obrábění téměř všech materiálů od ocelí, přes litiny až po slitiny hliníku. Velice podobný je materiál s označením WU25PT, taktéž s PVD povlakem TiAlN. Rozdíl je v houževnatosti. Druhý jmenovaný je oproti WU10PT houževnatější. Poslední možností je materiál TN6016, jemnozrnný povlakovaný (TiAlN) karbid s univerzálním použitím. Úhly hřbetů v katalogu nebyly uvedeny.

5.11 WALTER


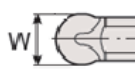
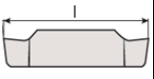
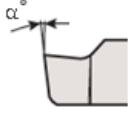


Tab. 5.11. – Sortiment zapichovacích VBD společnosti WALTER [48]

	Série	Šířka bříty (mm)	Délka (mm)	$\alpha(^{\circ})$	Značení substrátu	Popis materiálu	Povrchová úprava
	GX24	6,00	25,40		WK1	SK	-
		8,00					

V nabídce zapichovacích destiček společnosti WALTER pro obrábění hliníkových slitin se vyskytuje jedna destička. Ta je dodávána ve dvou rozměrech, přičemž úhel hřbetu není uveden. Nástroj je vyráběn ze slinutého karbidu, který není povlakován.

6 NÁVRH NEJČETNĚJŠÍHO SORTIMENTU

Tab. 6.1. – Přehled sortimentu s ohledem na nejvyšší četnost řešení

		Varianta č.1	Četnost výskytu	Varianta č.2	Četnost výskytu	Varia- nta č.3	Četnost výskytu
	Šířka ostří	8 mm 6 mm	90,91 % 90,91 %	5 mm 4 mm 3 mm	45,45 % 45,45 % 45,45 %	2 mm	27,27 %
	Délka VBD	30 mm	45,45 %	25 mm 25,4 mm	27,27 % 27,27 %	-	-
	Úhel hřbetu	7°	63,63 %	10°	45,45 %	6° 9° 11° 12°	9,09 % 9,09 % 9,09 % 9,09 %
	Substrát VBD	SK	90,91 %	PCD	45,45 %	-	-
	Povrchová úprava	Bez povlaku	72,72 %	PVD Leštění	27,27 % 27,27 %	-	-

Pro efektivní a ekonomické obrábění automobilových kol z hliníkových slitin jsou nejčastěji používány výměnné břitové destičky o šířce břitu 8 a 6 mm, tyto rozměry nabízí 10 z 11 světových výrobců. 5 z nich také vyrábí VBD v šířkách 3; 4 a 5 mm. Co se týče délky destiček tak zde není zcela jednoznačné určení, která je nejvhodnější. Většina společností produkuje VBD s odlišnými délkami. Nabídka se pohybuje v rozmezí 16-32 mm v závislosti na šířce břitu destičky. Největší shodu najdeme v rozměru 30 mm, kterou poskytuje 5 z 11 výrobců. 7 společností vyrábí nástroje s úhlem hřbetu 7°, druhou nejčastější variantou, kterou nabízí 5 výrobců, je úhel o velikosti 10°. Utvařeče třísek se liší v závislosti na poskytovateli VBD. Nejvíce produkováným nástrojovým materiálem pro zpracovávání hliníkové slitiny je slinutý karbid, ve své nabídce ho má 10 z 11 výrobců. Většina (8 z 10) firem své slinuté karbidy nepovlakuje, 3 z nich k povlakování využívá metody PVD a 3 další firmy své destičky leští. Druhým používaným materiálem je polykrystalický diamant, který má ve svém sortimentu 5 společností.

Závěr

Bakalářská práce se zabývá obráběním automobilových kol z hliníkových slitin, konkrétně rozborem sortimentu zapichovacích výměnných břitových destiček. Při obrábění tvářených kol jsou největším problémem adhezivní vlastnosti hliníku, díky nimž dochází k nalepování třísky na nástroj a tvorbě nárůstků. Výstupek pak mění geometrii břitu, což má za následek zhoršení kvality obráběného povrchu. Nárůstek má charakter mikro návaru. Při jeho odlomení tak může dojít k poškození povrchu destičky. Jedním z přídatných prvků hliníkových slitin pro výrobu litých kol je křemík, který je přidáván pro zlepšení licích vlastností. Při obrábění má však tato skutečnost negativní význam. Částice křemíku mají totiž oproti hliníku mnohem vyšší tvrdost, a při obrábění působí abrazivně na nástroj, čímž značně snižují jeho životnost. Eliminace těchto nežádoucích jevů je možná použitím vhodné kombinace nástrojového materiálu, geometrie a povrchové úpravy.

Smysl praktické části spočíval ve vytvoření přehledu zapichovacích výměnných břitových destiček nabízených nejvýznamnějšími světovými společnostmi, jako jsou CERATIZIT, ISCAR, SANDVIK COROMANT, KORLOY aj. s cílem podat návrh na nejvhodnější nástroj pro řešení dané problematiky. Pro obrábění kol tvářených a litých s obsahem křemíku menším než 6 %, jsou to nástroje ze slinutého karbidu skupiny K. Ty jsou tvořeny pouze jedním karbidem, a to karbidem wolframu. Z 11 společností nabízí tuto variantu 10 z nich. Riziko vzniku nárůstku je možné snížit použitím slinutého karbidu s co nejmenší velikostí karbidových zrn a nízkým obsahem pojícího kobaltu. Například společnost CERATIZIT, která je lídrem v oblasti řezných nástrojů pro hliníková kola, nabízí destičky ze slinutého karbidu s 6% obsahem kobaltu, jejichž strukturu tvoří zrna o velikosti 1 μm . 5 z 11 výrobců má ve svém sortimentu zařazené také nástroje osazené roubíkem polykrystalického diamantu, které jsou doporučovány pro litá kola s vyšším podílem křemíku, nebo pro vysokorychlostní obrábění. V geometrii se všichni poskytovatelé shodnou na nástroji s ostrým břitem a velkými úhly čela i hřbetu. Většina výrobců (72%) má ve své nabídce nepovlakované slinuté karbidy, u třech najdeme destičky, jejichž povrch je upraven leštěním, a další tři vyrábí nástroje s PVD povlakem.

Seznam použité literatury

- [1] BONEWITZ, Ronald Louis. *Kameny a drahokamy: Obsáhlý atlas hornin, minerálů, drahých kamenů a fosilií* Praha: Nakladatelství Slovart, s.r.o., 2007. 360 s. ISBN 978-80-7209-967-2
- [2] MICHNA, Š., KUŠMIERCZAK, S. *Technologie a zpracování hliníkových materiálů* Ústí nad Labem: Fakulta výrobních technologií a managementu, Univerzita J.E. Purkyně, 2008. 154 s ISBN 978-80-7044-998-1.
- [3] HUMÁR, Anton. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění* Brno: CCB, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.
- [4] VOJTĚCH, D. *Kovové materiály* Praha: 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. ISBN 80-7080-600-1
- [5] ČEP, R., PETRŮ, J., *Technologie obrábění v příkladech* Ostrava: Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013. 113 str. ISBN 978-80-248-3014-8.
- [6] HUMÁR, A., *Materiály pro řezné nástroje: Interaktivní multimediální text pro všechny studijní programy FSI* [online] Brno: Fakulta strojního inženýrství – VUT v Brně, 2006. 192 str. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf
- [7] HUMÁR, A. *Technologie I, Technologie obrábění – 1. část: Studijní opory pro magisterskou formu studia* [online] Brno: Fakulta strojního inženýrství – VUT v Brně, 2003, [cit. 2016-11-07]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [8] ŠMEJKALOVÁ, Jana. *Jak na hliník?* MM spektrum [online] prosinec 2015. © 2017 [cit. 2016-11-07]. Kód článku: 151213. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/jak-na-hlinik.html>
- [9] DAŘOUREK, Karel. *HLINÍK a jeho slitiny – podklady* [online] Technická univerzita v Liberci – Katedra materiálů [cit. 2016-11-07]. Dostupné z: www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_bakalari/NOM2/HLINIK_a_jeho_slitiny_podklady.ppt
- [10] DOLEŽAL, J., STUNOVÁ, B., KUČERA, V. *Současné poznatky o vlivu doprovodných prvků ve slitinách Al-Si* [online] METAL TRADE COMAX, a. s. září–

- říjen 2015 [cit. 2016-11-10]. Dostupné z:
http://www.mtcomax.cz/sites/default/files/fin_9-10_z_praxe_dolezal.pdf
- [11] VÁVRA, P., ČERNOCH, S. Strojnické tabulky online. *Metalurgie slitin hliníku* [online] Praha: Ltd. a Verlag Dashöfer. Copyright © 1997–2014 [cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <http://www.strojnicketabulkyonline.cz/odlevani/metalurgie-slitin-hliniku/>
- [12] *Hliník a slitiny hliníku* [online] Západočeská univerzita v Plzni – Fakulta strojní. 31. října 2012 [cit. 2016-11-15] Dostupné z:
http://www.ateam.zcu.cz/download/Slitiny09_10.pdf
- [13] AluaPneu, Magazín, *Originál alu kola Audi* [online] © 2015 [cit. 2016-12-03]. Dostupné z: <http://www.aluapneu.cz/magazin/original-alu-kola-audi/>
- [14] MOTORISTI, *Jaké jsou výhody a nevýhody hliníkových kol?* Motoristický magazín [online] 8. srpna 2014 [cit. 2016-12-03]. Dostupné z:
<http://www.motoristi.cz/1209/jake-jsou-vyhody-a-nevyhody-hlinikovych-kol/>
- [15] ADAM, J., *Plechové nebo alu disky?* [online] 28. května 2013 [cit. 2016-12-03]. Dostupné z: <http://neutrale.cz/plechove-disky-nebo-alu-kola/>
- [16] KONEČNÝ, L., *Výroba odlitků ze slitin hliníku* [online] Technická univerzita v Liberci – Katedra strojírenské technologie. 24.3. 2010 [cit. 2016-12-03]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/MV-cv_3.pdf
- [17] O.Z. S.p.A, *Technology* [online] © 2015 [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://www.ozracing.com/world-of-oz/technology/production>
- [18] PNEU DRNEC, *Technologie a postupy výroby námi prodáváných litých kol* [online] Pneuservis Plzeň, [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://www.pneudrnc.cz/rady-pneu-profesionalu/technologie-a-postupy-vyroby-nami-prodavanych-kol.htm>
- [19] MM spektrum. *Nástroje pro obrábění hliníkových slitin s mikroleštěným povrchem* [online] 17. dubna 2002 © 2017 [cit. 2016-12-21]. Kód článku: 020461. Dostupné z: <http://m.mmspektrum.com/clanek/nastroje-pro-obrabeni-hlinikovych-slitin-s-mikrolestenym-povrchem>
- [20] KOUŘIL, K., FIALA, S., *Nová generace průmyslového diamantu*, MM spektrum [online]. 1. září 2010 © 2017 [cit. 2017-01-05]. Kód článku: 100920. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nova-generace-prumysloveho-diamantu.html>

- [21] OKO, *Umělé diamanty*, Internetový časopis OKO, [online] 20. číslo [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://oko.yin.cz/20/umele-diamanty/>
- [22] HALPIN, T., HASS-WITTMÜSS, J., *Speciální syntetický diamant určený pro obrábění*, MM spektrum [online] 11. únor 2015 © 2017 [cit. 2017-01-08]. Kód článku: 150101. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/specialni-synteticky-diamant-urceny-pro-obrabeni.html>
- [23] ASM Handbook, *Machining of Aluminum and Aluminum Alloys*, [online]. ASM Handbook Committee, Copyright © 1989 [cit. 2017-01-15] DOI: 10.1361 Dostupné z: <https://materialsdata.nist.gov/dspace/xmlui/bitstream/handle/11115/200/Machining%20of%20Al.pdf?sequence=3>
- [24] MM spektrum, *Trendy v povlakování slinutých karbidů*, [online] 11. červenec 2001 © 2017 [cit. 2017-01-15]. Kód článku: 010705. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-v-povlakovani-slinutych-karbidu.html>
- [25] PRAMET TOOLS, s.r.o., ČR: *Příručka obrábění 2004*. [online] Šumperk 2004, [cit. 2017-01-15]. Dostupné z: www.c-n-c.cz/download/file.php?id=75405
- [26] MAŘÍK, Pavel, *Základní kovoobráběčské práce* [online] Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Roudnice nad Labem, 2015 [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.sosasource.cz/img/upload/files/v%C3%BDuka/z%C3%A1kladn%C3%AD%20kovoo%20pr%C3%A1ce%201-50%202.pdf>
- [27] ISCAR, *Ext. Turning Aluminum Wheels*, [online] Catalogue © 2017 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=3196&mapp=TG&app=174&GSTYP=M>
- [28] CERATIZIT, *Tools and inserts for aluminium wheel machining*, [online] Catalogue © 2017 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: http://www.ceratizit.com/fileadmin/_Images_and_files/Produkte/PW_Zerspanung/Automobil/Alurad/GD_KT_PRO-0129-1212_%23SEN_%23ABS_%23V1.pdf
- [29] MEPAC CZ s.r.o., *Diamantové pasty Kemet*, [online] [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: http://www.mepac.cz/files/enoviny/diamantove_pasty_kemet-18-3810.pdf
- [30] TIRE RACK, *Ultraleggera wheels*, [online] [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.tirerack.com/wheels/WheelCloseUpServlet?target=runWhe>

elSearch&initialPartNumber=W0173020061BS&wheelMake=O.Z.&wheelModel=Ultraleggera&wheelFinish=Bright+Silver+Paint&autoMake=Mazda&autoModel=Miat&autoYear=1999&autoModClar=

- [31] SEZNAM PNEU, *Plechové disky*, [online] [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.seznam-pneu.cz/plechove-disky/kfz-9537-7x16-5x112-et39-s504477286>
- [32] LISS a.s., *Katalog povlaků* [online] © 2014 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://www.liss.cz/files/katalog_povlaku.pdf
- [33] TumliKOVO, *Metal cutting technologies* [online] © 2010 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/oblasti-pouziti-slinutych-karbidu/>
- [34] GOODWAY MACHINE CORP., *Wheel Turning Center* [online] © 2011 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.megatelncc.com/sites/default/files/brochures/megatel-goodway-wheel-turning-center.pdf>
- [35] ISCAR, *Cutting speed for IC20*, eCatalog [online] © 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Grade.aspx?grade=IC20&item=6410002&fnum=3196&mapp=TG&app=174>
- [36] KUBÍČEK, Jaromír, *Komplexní vzdělávání* [online] SPŠSE a VOŠ Liberec – Katedra strojní [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: https://www.pslib.cz/komplex_CNC_a_CAM/files/Prezentace_PDF/Komplex_CNC_Kk_11.pdf
- [37] HALCYON TECHNOLOGY, *PCD inserts* [online] [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: http://www.halcyon.co.th/ir_index.html
- [38] PRAMET TOOLS, s.r.o., ČR: *Soustružení* [online] Šumperk 2012, [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: http://www.bos-teplice.cz/dokumenty/Soustruzeni_2012_CZ.pdf
- [39] SECO TOOLS, s.r.o., ČR: *Soustružení* [online] Katalog a technický průvodce 2015, [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/2015/CZ_Catalog_Turning_2015_LR.pdf

- [40] KORLOY, *2016-2017 KORLOY CUTTING TOOLS* [online] Catalogue © 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [http://korloy.com/newkorloy/por/file/2016/201611_EI/2016%20KORLOY%20CUTTING%20TOOLS\(EI\)-low.pdf](http://korloy.com/newkorloy/por/file/2016/201611_EI/2016%20KORLOY%20CUTTING%20TOOLS(EI)-low.pdf)
- [41] TAEGUTEC, *Parting & Grooving* [online] Catalogue [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: http://www.taegutec.com/Media/DownloadFiles/B_parting_grooving_en.pdf
- [42] TOOL-FLO, *Automotive* [online] Catalogue [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.toolflo.com/catalogs/CAT60AUTOMOTIVE-METRIC-A4.pdf#page=4>
- [43] SANDVIK COROMANT, *Upichování a zapichování* [online] ecbook [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: http://sandvik.ecbook.se/se/cs/parting_and_grooving/
- [44] PALBIT, *General catalogue* [online] Catalogue [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.palbit.pt/download.php?key=c14844125266ee7ae48652962ba25a37&f=5641>
- [45] TUNGALOY, *Grooving & Parting Tool* [online] [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.imc-companies.com/Tungaloy/TungaloyCatalog/Family.aspx?fnum=60&mapp=TG&app=304&GFSTYP=M>
- [46] KYOCERA, *Grooving* [online] Catalogue [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: http://www.kyoceramicrotools.com/indexable/pdf/Turning_Catalog_G_Grooving.pdf
- [47] WIDIA, *2017 Master Catalogue* [online] Catalogue [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: https://www.widia.com/content/dam/kennametal/widia/common/resources/downloads/literature/WIDIA%20Catalogs/WIDIA%20Master%20Catalog%202017/WIDIA%20Master%20Catalog%202017%20Sections/A-15-04580_Master17_Catalog_Turning_Metric.pdf
- [48] WALTER, *Walter Cut – Easy grooving.* [online] Catalogue [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: http://www.avn.dk/Portals/1/Images/Leverand%C3%B8r%20brochurer/WALTER_CUT_Easy_Grooving_062014_e.pdf

Seznam příloh

Příloha č. 1 Podrobná tabulka sortimentu zapichovacích VBD